

Исследование процессов замораживания и вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов для молочной отрасли

Владимир В. Пойманов¹ v-poymanov@yandex.ru
Дарья С. Гришанова¹ deidara4.12@mail.ru
Сергей Т. Антипов¹

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Данный проект посвящен разработке финишного оборудования для производства сухих бакконцентратов. Одними из основных объектов являются скороморозильный аппарат, предназначенный для замораживания бактериальных концентратов, а также вакуум-сублимационная сушилка непрерывного действия. На этом рынке отечественная продукция занимает около 9–12%. Создание наукоемкого оборудования нового поколения для производства бактериальных концентратов для предприятий молочной отрасли позволит решить проблему импортозамещения данного вида продукции. Выявлены основные направления использования бактериальных концентратов в молочной отрасли. Приведен анализ используемых стартовых культур, ассортимента продукции, выпускаемой с использованием бактериальных концентратов. Приведена классификация бактериальных концентратов по способу хранения и применения. Рассмотрены методы использования бактериальных концентратов на предприятиях молочной отрасли. Предложены пути совершенствования технологии производства бакконцентратов. Для изучения влияния технологических параметров вакуум-сублимационной сушки на качество готового бакконцентрата выполнена серия экспериментов. Сушка осуществлялась до конечной влажности материала 3,0–3,2%, при этом остаточное давление в камере изменялось в диапазоне 10–50 Па, плотность теплового потока – от 1,2 до 1,8 кВт/м². Обоснована целесообразность создания отечественного производства бакконцентратов в промышленных масштабах. Приведены результаты исследования кинетики процесса замораживания бактериальных концентратов. Предложены рациональные параметры процесса замораживания и оптимальный состав криопротекторной среды. Проведены исследования процесса вакуум-сублимационного обезвоживания бактериального концентрата в слое и гранулированном виде. Приведены качественные показатели сухих бактериальных концентратов. Полученные результаты позволяют проводить инженерные расчеты и проектирование оборудования для замораживания и вакуум-сублимационных установок с различными способами энергоподвода.

Ключевые слова: бактериальный концентрат, замораживание, вакуум-сублимационная сушка, энергосбережение

Investigation of the processes of freezing and freeze-drying of bacterial concentrates for the dairy industry

Vladimir V. Poymanov¹ v-poymanov@yandex.ru
Daria S. Grishanova¹ deidara4.12@mail.ru
Segey T. Antipov¹

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. This project is dedicated to the development of finishing equipment for the production of dry bacterial concentrates. One of the main objects is a quick-freezing apparatus designed for freezing bacterial concentrates, as well as a continuous vacuum freeze dryer. In this market, domestic production takes about 9 ... 12%. Creation of high-tech equipment of a new generation for the production of bacterial concentrates for dairy enterprises will allow to solve the problem of import substitution of this type of product. The main directions for the use of bacterial concentrates in the dairy industry. The analysis of used starter cultures, the range of products manufactured using bacterial concentrates. The classification of bacterial concentrates according to the method of storage and use is given. The methods of using bacterial concentrates at dairy enterprises are considered. The ways to improve the production of bacterial concentrates are proposed. To study the effect of technological parameters of vacuum freeze-drying on the quality of the final bacterial concentrate, a series of experiments was performed. Drying was carried out to a final moisture content of 3.0–3.2%, while the residual pressure in the chamber varied in the range of 10–50 Pa, and the heat flux density ranged from 1.2 to 1.8 kW / m². The expediency of creating domestic production of baconconcentrates on an industrial scale is substantiated. The results of the study of the kinetics of the freezing of bacterial concentrates are given. The rational parameters of the freezing process and the optimal composition of the cryoprotective medium are proposed. Investigations of the process of vacuum-sublimation dehydration of bacterial concentrate in a layer and granulated form have been conducted. The quality indicators of dry bacterial concentrates are given. The results will allow to carry out engineering calculations and design of equipment for freezing and vacuum sublimation plants with various methods of energy supply.

Keywords: bacterial concentrate, freezing, freeze-drying, energy saving

Для цитирования

Пойманов В.В., Гришанова Д.С., Антипов С.Т. Исследование процессов замораживания и вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов для молочной отрасли // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 19–24. doi:10.20914/2310-1202-2018-4-19-24

For citation

Poymanov V.V., Grishanova D.S., Antipov S.T. Investigation of the processes of freezing and freeze-drying of bacterial concentrates for the dairy industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 19–24. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-4-19-24

Введение

Концепция «функционального питания» как самостоятельное научное и прикладное направление в области здорового питания сложилась в начале 90-х годов прошлого века. Она заключается в индивидуальном подходе к пищевому рациону человека с учетом пола, возраста, региона проживания, физиологического состояния, профессиональной деятельности.

Под термином «функциональные пищевые продукты» (ФПП) понимают такие продукты питания, которые предназначены для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения в целях снижения риска развития заболеваний, связанных с питанием, сохранения и улучшения здоровья благодаря наличию в их составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов [1–4].

В настоящее время в Российской Федерации и за рубежом динамично развивается производство ФПП. Значительная доля от общего объема производства таких продуктов приходится на молочную продукцию, причем до 85% из них составляют продукты с пробиотиками, пребиотиками и синбиотиками.

В функциональных молочных продуктах обязательно присутствие живых культур пробиотиков. Научно-техническим основам получения пробиотических молочнокислых заквасок и бактериальных концентратов посвящено множество работ отечественных и зарубежных ученых.

Производство продуктов с пробиотической направленностью базируется на использовании стартовых культур микроорганизмов, которые вводятся в виде бактериальных заквасок и концентратов.

Бактериальными заквасками называют чистые культуры или смесь культур микроорганизмов, используемых при изготовлении молочных продуктов.

Бактериальный концентрат представляет собой концентрированную биомассу, в которой количество клеток на два-три порядка выше, чем в заквасках. Применение бактериальных концентратов позволяет интенсифицировать процесс сквашивания, снизить производственные площади и повысить санитарно-гигиенические показатели продукта. В зависимости от способа или технологии получения бактериальные закваски или концентраты подразделяют: на закваски (БЗ), при производстве которых не проводится концентрирование микробных клеток, поэтому количество колоний образующих единиц (КОЕ) в 1 см³ не превышает 10 млрд;

концентраты (БК), при производстве которых обязательным этапом является концентрирование бактериальной массы, поэтому в 1 г бактериального концентрата количество КОЕ более 10 млрд.

В зависимости от физического состояния бактериальные закваски и концентраты подразделяются на жидкие, сухие, замороженные; на плотных питательных средах.

Различают и способы их применения. Самый сложный и трудоемкий – это способ применения сухих заквасок, при котором используется несколько пересадок (чаще всего – три). Однако предприятия в целях интенсификации процесса сокращают количество пересадок до двух.

Бактериальные концентраты используются двумя способами: путем приготовления производственной закваски без пересадок (полупрямой метод) или прямым внесением в молоко [5].

Специалисты самостоятельно определяют способ применения бактериальных заквасок и концентратов, исходя из условий производства, опыта и знаний в области микробиологии.

Метод прямого внесения исключает часть проблем, касающихся процесса приготовления производственной закваски, но не решает проблем бактериофагии в цехах.

Совершенствование технологии производства бакконцентратов является актуальной проблемой, при этом важное место в исследованиях занимает повышение активности бакконцентратов, унификация их свойств, экономичность производства.

В настоящее время наибольшее распространение получили бакконцентраты «прямого внесения». Производство подобных бакконцентратов является наиболее динамично развивающимся сектором рынка микробиологических препаратов.

Учитывая тот факт, что мощность отечественных производителей не может удовлетворить потребность молочной отрасли в бакконцентратах, речь идет об использовании импортных аналогов.

По результатам мониторинга фирмы «Abercade consulting» лидерами по объемам поставок бакконцентратов в нашу страну являются фирмы Hr. Hansen, Danisco (Дания), Bioprox (Франция), DSM Food enrichment (Нидерланды) [5, 6].

На этом рынке отечественная продукция занимает около 9–12%. Создание наукоемкого оборудования нового поколения для производства бактериальных концентратов для предприятий молочной отрасли позволит решить проблему импортозамещения данного вида продукции.

В качестве финишной операции (консервирования) используется замораживание при низких температурах (криозамораживание) или вакуум-сублимационная сушка подготовленной бактериальной массы.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных получению бакконцентратов с криозамораживанием микробной массы, в нашей стране практически отсутствуют промышленные биотехнологии, имеющие значительный экономический потенциал.

Получение бактериальных концентратов «прямого внесения» является актуальной задачей и требует проведения экспериментальных работ с целью отработки технологии их производства с предварительным криозамораживанием микробной биомассы. Создание и реализация такой технологии в РФ открывает новые возможности в повышении качества и экономической эффективности бакконцентратов, способствует повышению конкурентоспособности.

Данный проект посвящен разработке финишного оборудования для производства сухих бакконцентратов. Одними из основных объектов являются скороморозильный аппарат, предназначенный для замораживания бактериальных концентратов, а также вакуум-сублимационная сушилка непрерывного действия.

Комплексный подход к созданию конкурентоспособной технологии обезвоживания термолабильных продуктов путем перехода на непрерывный способ сушки с эффективным комбинированным энергоподводом к продуктам, имеющим различную структуру, позволяет обеспечить интенсификацию процесса, низкие энергозатраты и себестоимость продукции при высоком уровне ее качества [7, 8].

Техническая идея внедряемых конструкторских разработок состоит в повышении степени автоматизации оборудования участка замораживания и сушки, что позволит снизить время на простои, увеличить рентабельность продукции.

В отличие от других пищевых продуктов сушку бакконцентратов необходимо проводить в стерильных условиях.

Совершенствование технологии и разработка оборудования должны базироваться на теоретических исследованиях закономерностей основных процессов, протекающих в аппаратах.

Бакконцентраты готовятся путем культивирования чистых культур молочнокислых бактерий на специальных жидких питательных средах с последующим отделением клеток от культуральной жидкости. Далее полученный концентрат вносят в защитную среду (криопротекторная среда), охлаждают, разливают в емкости и осуществляют удаление влаги методом вакуум-сублимационной сушки.

Качество замороженного и сухого бакконцентрата оценивается по количеству жизнеспособных клеток. На выживаемость клеток микроорганизмов оказывают влияние различные

факторы: параметры процесса культивирования, концентрация и состав криопротекторной среды, температура и скорость предварительного замораживания бакконцентрата, масса дозы бакконцентрата во флаконах и т. п.

Объекты и методы

Объектами исследований на различных этапах выполнения экспериментов являлись: бактериальный концентрат мезофильных молочнокислых бактерий *Lbc. casei* и бифидобактерий *B. adolescentis*; вода дистиллированная (ГОСТ 6709–72); питательная среда Ли (ГОСТ Р 54065–2010); питательная среда для молочнокислых бактерий (ГОСТ 10444.11–89); обезжиренное молоко (ГОСТ 31658–2012); дрожжевой экстракт (ГОСТ 30134–97); сахароза (ГОСТ 5833–75); желатин (ГОСТ 11293–89); цитрат натрия (ГОСТ 31227–2013); соль поваренная (ГОСТ Р 51574–2000); фосфатный буфер с pH 7,2 (ГОСТ 9225).

В ходе исследований использовалось оборудование: шкаф электрический суховоздушный ШСВЛ-80 «Касимов» (Россия); автоклав электрический DGM Pressure Gauge (Китай); бокс биологической безопасности, Lamsystems (Россия); инкубатор LabTech LSI-301A (Корея); весы электронные аналитические AND HR-202 (Япония); pH-метр pH-150МИ, (Россия).

Для замораживания бакконцентратов использовали низкотемпературную морозильную камеру Frigera NS 400 (Чехия). Высушивали опытные образцы с помощью экспериментальной вакуум-сублимационной сушилки с комбинированной системой тепло- и хладоснабжения, состоящей из традиционной парокомпрессионной холодильной машины и термоэлектрической, позволяющей нагревать теплоноситель за счет теплоты, выделяющейся на горячих спаях модулей [2].

Для решения задач, поставленных в работе, применяли стандартные методы исследования (микробиологические, химические и физико-химические).

При постановке экспериментов биомассу бифидобактерий отделяли после различной продолжительности культивирования и соединяли с криопротекторной средой.

Полученную смесь биомассы с криопротекторной средой помещали в стерильные криопробирки, охлаждали при температуре 4–6 °С и выдерживали при данной температуре в течение 1 ч, затем замораживали при различной температуре.

При производстве бакконцентратов важным этапом является подбор рациональной с точки зрения выживаемости микроорганизмов криопротекторной среды.

В процессе замораживания на живые объекты воздействуют два фактора: формирование кристаллов внутриклеточного льда и обезвоживание. Использование криопротекторных сред и замораживание в этих средах снижает действие этих негативных факторов.

Существует большое количество веществ, которые обладают криопротекторными свойствами, но на практике используют около десяти соединений. Согласно данным различных исследователей использование проникающих криопротекторов в отсутствие непроникающих неэффективно, так как при использовании защитных сред сложного состава выживаемость биологического материала после замораживания выше.

Для оценки влияния защитных сред на выживаемость рассматривали четыре варианта:

первый вариант – цитрат натрия (м.д. раствора в среде 15,0%), молоко обезжиренное (м.д. раствора в среде 74,5%), поваренная соль (м.д. раствора в среде 10,0%), никотиновая кислота (м.д. раствора в среде 0,5%);

второй вариант – желатин (м.д. раствора в среде 12,5%), сахароза (м.д. раствора в среде 30,5%), молоко обезжиренное (м.д. раствора в среде 67,0%);

третий вариант – желатин (м.д. раствора в среде 64,0%), сахароза (м.д. раствора в среде 35,0%), цитрат натрия (м.д. раствора в среде 1,0%);

четвертый вариант – желатин (м.д. раствора в среде 54,0%), сахароза (м.д. раствора в среде 35,0%), цитрат натрия (м.д. раствора в среде 1,0%), BIOS 2000 (м.д. раствора в среде 10,0%).

При этом доля бактериальной массы составляла от 30 до 50% к общей массе [1].

Число колониеобразующих единиц (КОЕ/г) определяли чашечным методом посева в агаризованную питательную среду на основе гидролизата казеина.

Результаты и обсуждение

Одними из важных факторов, влияющих на выживаемость микроорганизмов при замораживании, являются активная кислотность (рН) и температура смешивания биомассы с криопротекторной средой. С понижением температуры смешивания от 30 ± 1 до 20 ± 1 °С наблюдается увеличение выживаемости бактерий, что согласуется с данными других исследователей. В результате проведенных исследований подобрали защитную среду.

Нами установлено, что наибольшая выживаемость клеток (78,6%) была в случае соединения биомассы с защитной средой № 4 в соотношении 1:1.

На втором этапе исследований выявляли влияние различных соотношений биомассы и защитных сред на выживаемость бифидобактерий при вакуум-сублимационной сушке. Максимальное значение (89,5%) наблюдалась при соединении биомассы и защитной среды № 4 в соотношении 1:2.

Подбор оптимальных режимов процессов замораживания и сублимационной сушки важен, поскольку микроорганизмы под действием низких температур могут претерпевать внутриклеточные и внеклеточные изменения [11, 12].

Для установления влияния температуры предварительного замораживания на выживаемость клеток биомассу бифидобактерий и молочнокислых бактерий смешивали с защитной средой в соотношениях, выбранных по результатам предыдущих исследований [9, 10].

Суспензию замораживали при различных температурных режимах (-20 ± 1), (-35 ± 1) и (-50 ± 1) °С. Бакконцентрат хранили в течение 48 ч, а затем направляли на вакуум-сублимационную сушку. Установили, что обе культуры имеют наибольшую выживаемость при температуре предварительного замораживания (-50 ± 1) °С. Кинетика замораживания бакконцентрата представлена на рисунке 1.

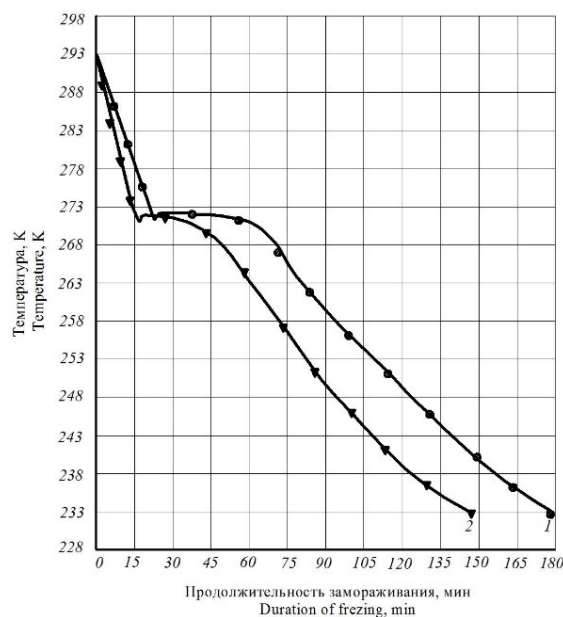


Рисунок 1. Зависимость температуры бактериального концентрата от продолжительности замораживания и температуры воздуха: 1 – $t_v = -50$ °С, м. д. бактериальной массы 30%; 2 – $t_v = -50$ °С, м. д. бактериальной массы 50%

Figure 1. Temperature dependence of the bacterial concentrate on the duration of freezing and air temperature: 1 – $t_v = -50$ °С, m. f. of bacterial mass 30%; 2 – $t_v = -50$ °С, m. f. of bacterial mass 50%

Замораживание при температуре воздуха $(-20 \pm 1)^\circ\text{C}$ ведёт к большой гибели клеточной массы (выживаемость находится в пределах 68–72%).

Выживаемость после замораживания при температуре $(-35 \pm 1)^\circ\text{C}$ при прочих равных условиях была меньше, чем при $(-50 \pm 1)^\circ\text{C}$ – для бифидобактерий на 20–23%, а для молочнокислых бактерий – на 16–18%.

Как известно, при вакуум-сублимационной сушке выживаемость биомассы зависит от многих факторов: величины остаточного давления в сублиматоре, плотности теплового потока к высушиваемому продукту и т. п.

Нами сконструирована вакуум-сублимационная сушилка с комбинированной системой тепло- и хладоснабжения, позволяющая проводить процесс обезвоживания бактериальных концентратов в широком диапазоне параметров. Экономия энергии достигается за счет использования в десублиматоре традиционной парокомпрессионной холодильной машины и термоэлектрической, позволяющей нагревать теплоноситель за счет теплоты, выделяющейся на горячих спаях модулей.

Она состоит из сублиматора в виде герметичной камеры, при этом сублиматор выполнен в виде цилиндра с крышкой, внутри которого расположены теплопередающие плиты, выполняющие роль продуктовых полок для размещения противней с продуктом.

Парокомпрессионная холодильная установка включает испаритель, низкотемпературный компрессор, конденсатор и терморегулирующий вентиль. Термоэлектрическая холодильная

установка состоит из блока термоэлектрических модулей и охлаждающего контура, позволяющего поддерживать температуру на холодной поверхности термоэлементов от -50 до -60°C . В охлаждающем контуре циркулирует теплоноситель (силиконовое масло и т. п.), нагревающийся за счет теплоты, выделяющейся на горячих спаях термоэлементов. Контур связан посредством теплообменника с теплопередающими плитами.

Для изучения влияния технологических параметров вакуум-сублимационной сушки на качество готового бакконцентрата выполнена серия экспериментов.

Сушка осуществлялась до конечной влажности материала 3,0–3,2%, при этом остаточное давление в камере изменялось в диапазоне 10–50 Па, плотность теплового потока – от 1,2 до 1,8 кВт/м²).

Установлено, что максимальная выживаемость клеток бифидобактерий достигается при следующих параметрах вакуум-сублимационной сушки: остаточное давление 20–25 Па, плотность теплового потока – от 1,5 до 1,6 кВт/м²; а для молочнокислых бактерий – от 15 до 20 Па и 1,4–1,5 кВт/м².

Заключение

Для увеличения количества жизнеспособных микроорганизмов в 1 г концентрата, сокращения времени высушивания до достижения необходимой влажности продукта нами установлены рациональные режимы: температура замораживания от -47 до -48°C , остаточное давление 15–20 Па, плотность теплового потока – от 1,4 до 1,5 кВт/м².

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шахов С.В., Мосолов Г.И., Барыкин Р.А. Разработка вакуум-сублимационной сушилки для обезвоживания жидких продуктов // Вестник Международной академии холода. 2014. № 3. С. 58–60.
- 2 Пойманов В.В., Яценко С.М., Барыкин Р.А. Исследование процесса вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов для мясной отрасли с использованием криозамораживания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1. С. 25–30. doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-25-30.
- 3 Семенов Г.В. Вакуумная сублимационная сушка. Москва: Дели плюс, 2013. 264 с.
- 4 Игнатов В.Е., Пойманов В.В., Нестеров Д.А. Исследование процесса вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 1. С. 27–29. doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-25-30.
- 5 Семенов Г.В., Краснова И.С., Петков И.И. Выбор режимных параметров вакуумной сублимационной сушки сухих термолабильных материалов с заданным уровнем качества // Вестник Международной академии холода. 2017. № 1. С. 18–24. doi: 10.21047/1606-4313-2017-1-18-24.

- 6 Барыкин Р.А., Пойманов В.В., Шахов С.В. Разработка вакуум-сублимационных сушилок с использованием термоэлектрических модулей // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 1. С. 47–50. doi: 10.20914/2310-1202-2014-1-47-50.

- 7 Белозерцев А.С., Прибытков А.В. Комплексное исследование процесса вакуум-сублимационного обезвоживания продукта на основе форменных элементов крови убойных животных с применением СВЧ-энергоподвода // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 2. С. 20–24. doi: 10.20914/2310-1202-2013-2-20-24.

- 8 Потапов А.И., Рязанов А.Н., Белозерцев А.С., Прибытков А.В. Разработка конструкции лиофильной сушилки для термолабильных продуктов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 3. С. 44–48. doi: 10.20914/2310-1202-2013-3-44-48.

- 9 Титов Е.И., Семенов Г.В., Кидяев С.Н., Литвинова Е.В. Получение высококачественных сухих модифицированных коллагенсодержащих продуктов с использованием сублимационной сушки // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 27–30. doi: 10.21047/1606-4313-2016-3-27-30.

10 Раскошная Т.А., Семенихина В.Ф., Рожкова И.В., Бегунова А.В. Разработка питательной среды и режимов культивирования *Lactobacillus reuteri* для получения бактериального концентрата // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42. № 3. С. 56–62.

11 Каухчешвили Н.Э., Харитонов А.Ю., Сорокина Н.П., Смирнов Е.А. Вакуумная сушка бактериальных концентратов и заквасок молочнокислых бактерий // Молочная промышленность. 2011. № 5. С. 30–31.

12 Крумликов В.Ю., Остроумов Л.А., Сухих С.А., Кригер О.В. Подбор параметров стабилизации (замораживание и сушка) симбиотического консорциума с целью получения закваски прямого внесения // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42. № 3. С. 25–30.

REFERENCES

1 Shakhov S.V., Mosolov G.I., Barykin R.A. Development of the vacuum freeze-dryer for dehydration of liquid products. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda* [Proceedings of the International Academy of Refrigeration]. 2014. no. 3. pp. 58–60. (in Russian)

2 Poymanov V.V., Yaschenko S.M., Barykin R.A. Investigation of the process of vacuum freeze drying of bacterial concentrates for the meat industry with cryogenic freezing. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2016. no. 1. pp. 25–30. (in Russian). doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-25-30.

3 Semenov G.V. Vacuum freeze drying. Moscow, Delhi plus. 2013. 264 p. (in Russian)

4 Ignatov V.E., Poymanov V.V., Nesterov D.A. Research of bacterial concentrates freeze-drying process. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2013. no. 1. pp. 27–29. (in Russian).

5 Semenov G.V., Krasnova I.S., Petkov I.I. The choice of parameters for vacuum freeze-drying of dry heat-sensitive material with predetermined properties. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda* [Proceedings of the International Academy of Refrigeration]. 2017. no. 1. pp. 18–24. (in Russian). doi: 10.21047/1606-4313-2017-1-18-24.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир В. Пойманов к.т.н., доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, v-poymanov@yandex.ru

Дарья С. Гришанова магистрант, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, deidara4.12@mail.ru

Сергей Т. Антипов д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия,

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 21.09.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.11.2018

6 Barykin R.A., Poymanov V.V., Shakhov S.V. Development of vacuum sublimation dryers using thermoelectric modules. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2014. no. 1. pp. 47–50. (in Russian). doi: 10.20914/2310-1202-2014-1-47-50.

7 Belozertsev A.S., Pribytkov A.V. A comprehensive study of the process of vacuum sublimation dehydration product based on blood cells of slaughtered animals with the use of microwave energy supply. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2013. no. 2. pp. 20–24. (in Russian). doi: 10.20914/2310-1202-2013-2-20-24

8 Potapov A.I., Ryazanov A.N., Belozertsev A.S., Pribytkov A.V. Development of the construction freeze dryers for heat-sensitive products. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2013. no. 3. pp. 44–48. (in Russian). doi: 10.20914/2310-1202-2013-3-44-48.

9 Titov E.I., Semenov G.V., Kidyayev S.N., Litvinova E.V. Production of high-quality dry modified collagen products by means of freeze-drying. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda* [Proceedings of the International Academy of Refrigeration]. 2016. no. 3. pp. 27–30. (in Russian). doi: 10.21047/1606-4313-2016-3-27-30.

10 Raskoshnaya T.A., Semnikhina V.F., Rozhkova I.V., Begunova A.V. Development of nutrient medium and cultivation regimes of *Lactobacillus reuteri* for bacterial concentrate production. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology]. 2016. vol. 42. no. 3. pp. 56–62. (in Russian).

11 Kaucheshvili N.E., Haritonov A.Yu., Sorokina N.P., Smirnov E.A. Vacuum drying of the bacterial concentrates and lactic acid bacteria starter cultures. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry]. 2011. no. 5. pp. 30–31. (in Russian).

12 Krumlikov V.Yu., Ostroumov L.A., Sukhikh S.A., Kriger O.V. Choice of stabilization parameters (freezing and drying) of symbiotic consortium to obtain a starter of direct inoculation. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology]. 2016. vol. 42. no. 3. pp. 25–30. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir V. Poymanov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, apparatus and devices of food productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, v-poymanov@yandex.ru

Daria S. Grishanova master student, apparatus and devices of food productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, deidara4.12@mail.ru

Segey T. Antipov Dr. Sci. (Engin.), professor, apparatus and devices of food productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia,

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 9.21.2018

ACCEPTED 11.7.2018